مجلة جامعة الملك سعود، م ٥، الآداب (٢)، ص ص ٦٠٣-٦٢٩ (١٤١٣هـ / ١٩٩٣م).

نماذج جيومورفولوجية من طلائع بحر الرمال في المملكة العربية السعودية، الإطار المرجعي: المشكلة والحل

يحيى محمد شيخ أبو الخير

أستاذ مشارك، قسم الجغرافيا، كلية الآداب، جامعة الملك سعود،

الرياض، المملكة العربية السعودية

(ورد بتاريخ ١٤١١/٧/٢٥هـ، وقبل للنشر بتاريخ ١٤١٢/١٠/٩هـ)

ملخص البحث. يعالج البحث الإطار المرجعي لمشكلة زحف الرمال في المملكة العربية السعودية والحلول الممكنة. فيتعرض البحث بشيء من التفصيل لطبيعة واتجاهات البحوث والدراسات والتقارير في مجال أبحاث الرمال على مستوى العالم والمملكة على حد سواء. ويبين البحث باختصار مدى علاقة هذه الدراسات والبحوث بالمشاريع المبرمة في المملكة في مجال أبحاث الرمال وطبيعة واتجاهات هذه المشاريع والبحوث أو التقارير المنبثقة عنها. ويعطي البحث تقويمًا موجزًا لمشكلة زحف الرمال في المملكة من حيث واقعها وحجمها وتوزيعها الجغرافي والعوامل المتحكمة فيها بناءً وزحفًا. ونظرًا لتعدد المناطق المتضررة بالرمال في المملكة واتساعها، فقد اكتفى الباحث في هذا التقويم بمناقشة هذه المشكلة في كل من واحة الأحساء وصحراء الدهناء فقط، كنموذجين يعكسان طبيعة هذه المشكلة وواقعها بالمناطق الأخرى من طلائع بحر الرمال السعودي. ويتضمن هذان النموذجان نتائج ذات أهمية تطبيقية في مجال أبحاث الرمال في المملكة إضافة إلى مجموعة من المعادلات الرياضية التي تشرح معدلات زحف الرمال بنوعيه الحبيبي والكثيبي. ولقد اختتم البحث ببعض التساؤلات والمقترحات التي يأمل الباحث أن تمثل هيكلاً أو منظورًا لمنهج علمي تتبنى تنفيذه أكاديمية وطنية لزحف الرمال يقترح الباحث إنشاءها في المملكة للإشراف على أبحاث الرمال وتنفيذها بالشكل الذي يبعد كابوس التصحر المحتمل ويقوّي الروابط بين الإنسان والبيئة ويعمل على امتداد العمران ويهيء للأمل أن يشرق في سماء صحارينا الزاخرة المزمجرة فيزيدها رونقًا وازدهارًا.

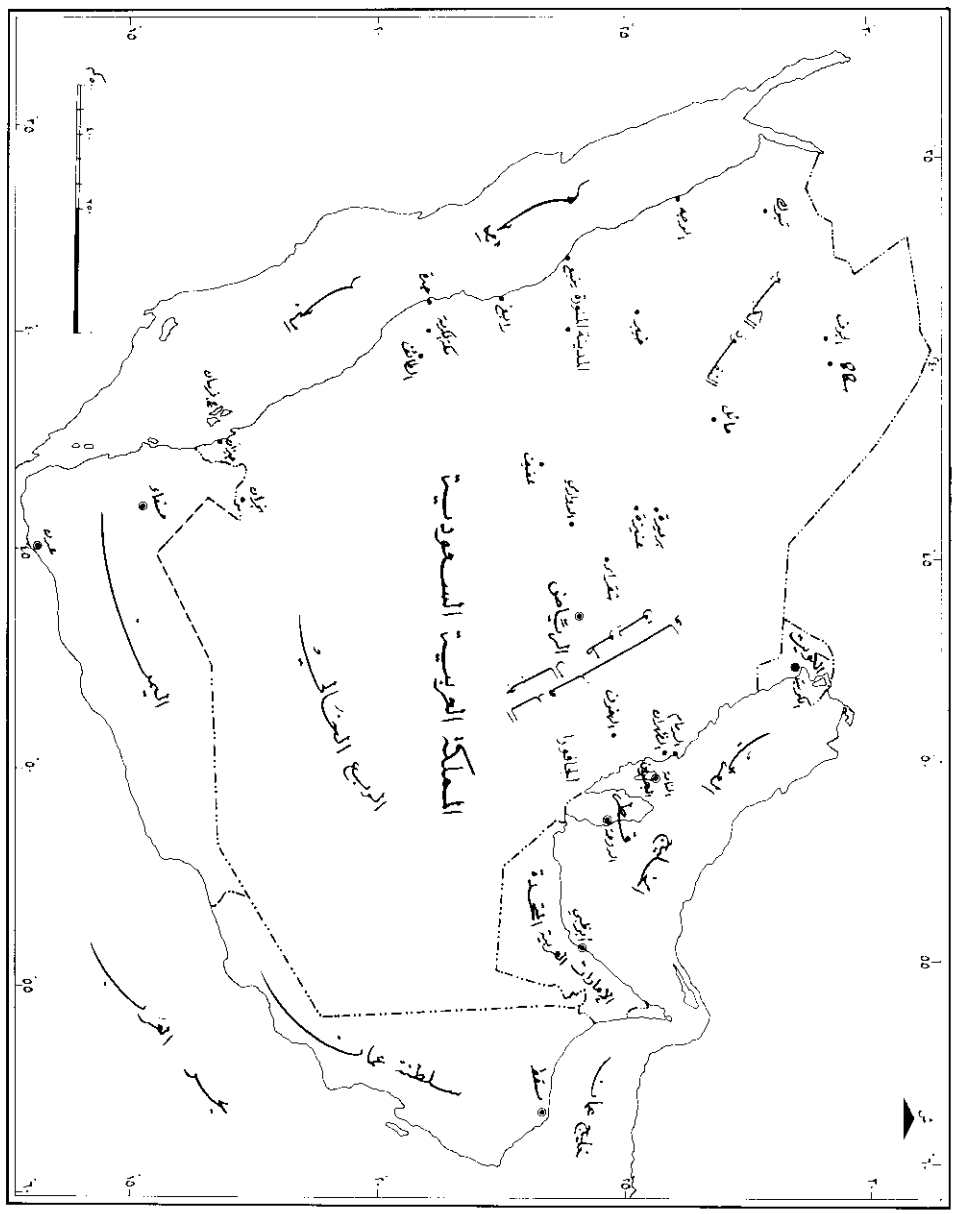
المقدمة

تعايش المملكة العربية السعودية بيئة رملية في غاية الديناميكية والحيوية بناءً وهدمًا. فالرياح المتجددة في الطاقة والقوة تجعلها بيئة لا تعرف الجمود ولا السكون، إذ تتراقص حبات الرمال في ثناياها وتترنح الأحقاف في عرصاتها مسدلة على أديم الصحراء حجبًا تجعل المنتج بورًا والسطح رخوًا لاهبًا. كما تتسكر أمواج زحفها العاتية على شواطىء بحر الحضارة الزاخرة فتحسر منه ما شاءت وتبدل الاستقرار إلى نزح وبوار، والصروح إلى خراب وأطلال.

إن الحقائق التاريخية والمعالم الأثرية والدراسات الحقلية التي أجريت في مواقع متعددة من صحارى المملكة تدل دلالة واضحة على أن جزءًا كبيرًا قد طمر ومازال يطمر تحت أطنان الرمال الزاحفة. كما تدل الدراسات والملاحظات والقياسات الحقلية بأن المشكلة واسعة في نطاقاتها وإقليمية في أبعادها وعملاقة في كمها ونوعها. فزحف الرمال يهدد كل منشئة على مشارف الصحراء. فتأن منه مرابض الشمال وتثقل به جنان القصيم وصرح نجران العظيم وعيون ومشارف الأحساء ذات التاريخ القديم.

فمن المعلوم أن كثيرًا من المدن والقرى والمستوطنات البشرية والمراكز الحيوية الاستراتيجية والمطارات المهمة وعقد المواصلات البرية والحديدية في المملكة العربية السعودية تربض في قلب أو تقع على مشارف أو طلائع بحر الرمال الزاحفة التي تغطي زهاء ٨٠٠,٠٠٠ كيلو متر مربع من أراضي هذا البلد، موزعة على أربع صحارى رئيسة (شكل رقم ١). وتضم هذه الصحارى أنماطًا رملية معقدة في الشكل والتركيب وبعيدة في البنية والسلوك عن مقاييس تصور الإنسان وإدراكاته. وتتباين أشكال الظواهر الرملية في أحجامها وارتفاعاتها وأنماطها، فمنها الهلالي والطولي السيفي والمستعرض الحائطي والمستدير القبابي والتلال والأغوار وفرشات الرمال التي بها تزدان السهول وقيعان الأودية.

هذه البيئة الرملية تتصف بنظام بيئي في غاية التعقيد كمًّا ونوعًا، إذ تتحكم في أنماطها وفصائلها ومعدلات زحفها عوامل متداخلة عدة. فيخضع معدل الزحف الرملي لعوامل،



شكل رقم ١ . خارطة المملكة العربية السعودية .

منها سرعة الرياح واتجاهاتها وهبوبها واختلاف أقطار الحبيبات الرملية الزاحفة ورطوبة التربة والتباين في حجم الكثبان الرملية وكثافة الغطاء النباتي، وكمية الرمال ومصدر التغذية، وأحوال الطقس.

إن ما تتعرض له القرى والمواقع والمنشآت المختلفة يعكس ملحمة الصراع بين الإنسان وزحف الرمال. إنها الملحمة التي دونها «ابن الصحراء» نثرًا وصاغها شعرًا وسطرها عبر الأجيال على الصخر أثرًا. إن هذه الملحمة تجلت اليوم علمًا يؤكد للأجيال تاريخًا أجبر خلاله إنسان المنطقة عبر القرون أن يبدل البود بالمنتج من الأرض والضيق بالواسع من الإقليم، فتقلصت هكذا أراضيه وتصحرت وضاق نطاقها ونضب معينها.

إن ذاكرة الأجداد لا تزال ترسم للأجيال صورة الماضي بعماره وتشير بالبنان نحو مواطن الماضي التي أضحت اليوم أطلالاً تعصف في جنباتها رياح الصيف العاتية وتلتهمها كثبان الصحراء الهائمة وترتمي في أحضانها حبيبات الرمال الزاحفة. وتدعم صور الذكريات هذه دراسات حقلية أجريت في مواقع عدة من صحارى المملكة أسفرت عن وجود ترب زراعية مطمورة تحت أحقاف الرمال وآثار للسقاية القديمة وجذوع نخيل للحقول تقع اليوم بعيدًا عن مواطن الاستيطان الحالية أو عن لمسات إنسان الحاضر على صفحة الصحراء السعودية. ومما يجدر ذكره أن الدولة قد أدركت منذ أعوام خلت خطر هذا الزحف الرملي؛ فنفذت العديد من مشاريع تثبيت الرمال في مواقع عدة وساندت الأهالي في محاولاتهم للحد من تصحر مدنهم وقراهم ومضاربهم. ولا تزال هذه المشاريع تنفَّذ على قدم وساق وتحظى بالعناية والرعاية. فلقد شيدت الدولة على سبيل المثال لا الحصر مشروع تثبيت الرمال بالأحساء، فأضحى اليوم بعون الله تعالى درعًا حصينة أمام الرمال العاتية ودوحة يغرد فيه الطير صداحًا ويرسل البلبل فيه للآفاق أنغامًا ويسيل فيه النمير عذبًا زلالاً. ولا تزال تهدد الرمال هذا المشروع وتقض مضاجع المسؤولين فيه، إذ تدل الدراسات الحقلية التي أجراها الباحث في منطقة هذا المشروع على أن ما يقارب من نصف مليون طن من الرمال يزحف خلال الفترة الممتدة من فبراير إلى يونيو من كل عام على خطوط دفاع هذا المشروع. ولا شك أنه قد ترتب على زحف الرمال على هذا المشروع كل عام تبعية مادية باهظة وجهد بشري وتقني مضن للبقاء عليه فاعلاً.

إن انتشار مثل هذه المشاريع في ربوع المملكة يخفف من وطأة الألم ويرأب الصدع ويقّوي وشائج الروابط بين الإنسان والبيئة، فيمتد العمران ويسود الاستقرار وتلوح على قارعة الطريق بارقة الأمل فينزوي شبح التصحر الذي بات يهدد الأجيال أعوامًا.

إن التطور الذي شهدته المملكة العربية السعودية خلال السنوات القليلة الماضية، ولا تزال تشهـده، قد حتم امتـداد الوجود السعودي في قلب هذه النطاقات الهائجة من الرمال، الأمر الذي أدى إلى اتساع تأثيرها عليه ونطاق تفاعله معها. إن هذا الأمر قد وضع الإنسان السعودي أمام أحد تحديات البيئة الصحراوية الكبرى، أو بالأحرى أمام مشكلة بيئية حقـة تتـطلب فهم أبعـادهـا الجغـرافية وتستدعي التعرف على خصائصها الطبيعية والمورفولوجية على المستويين التفصيلي العام والدقيق المتخصص. ولهذا انتشرت في السنوات الأخيرة رغبة جامحة لدى العلماء والباحثين والمخططين والمنفذين للاستراتيجيات التنموية في المملكة لسبر أغوار الصحراء الزاحفة. ولا شك أن هذه الرغبة قد أملاها زحف الإنسان بكـل ثقله التقني والعلمي على الصحـراء بحثًا عن موارد الثروة واستصلاحات الأراضي خدمة لأغراضه الزراعية والصناعية والاستيطانية وحماية لمواقعه العسكرية ونقاط نشاطاته الاستراتيجية. هذا الأمر فرض عل الدولة تبعية مادية باهظة الثمن وعالية التكاليف على المستويين المادي والبشري. ولهذا لا نستغرب أن تسعى الجهات المسؤولة في الدولة جاهدة لإرساء استراتيجيات التنمية على قواعد تهدف إلى فهم الظروف الجغرافية لتضاريس المملكة عامة والرمال خاصة. ومما يجدر ذكره في هذا الصدد أن كثيرًا من دول العالم المتقدم تبني اليوم خططها المدنية والعسكرية في ضوء خصائص البيئة التي تعايشها أو تلك التي تحذر منها. ولهذا من الضروري اليوم ونحن في عصر طفرة فكرية وعلمية جادة أن نبدأ ببناء استراتيجية التكتيك التنمـوي الـذي يتـطلبـه الواقع الفكري والاقتصادي في المملكة بشكل يكفل التعايش الأسلم والأمثل مع البيئة الرملية ويتناغم معها.

ولن يتـأتى هذا إلا بأن تنحـو البحوث العلمية منحى تطبيقيًّا جادًّا واسع النطاق والأهداف والأبعاد بحيث تتحقق معه رؤية مستقبلية أفضل للتفاعل بين الإنسان السعودي وبيئته.

إن دراسات باجنلد، [١] بيلي، [٢] براين، [٣] تشبل، [٤] تشبل وميلن، [٥] تشبل وودروف، [٦] هوريكاوا وشن، [٧] وهوارد وآخرون، [٨] وسو، [٩]

(١) R. A. Bagnold, "The Movement of Desert Sand," *Geog. J.*, 85 (1935), 348-69; idem., "The Movement of Desert Sand," *Proc. Roy. Soc.*, Ser. A157, No. 892 (1986), 594-620; idem., "The Transport of the Sand by Wind," *Geog. J.*, 89 (1937a), 409-38; idem., "The Size Grading of Sand by Wind," Proc. Roy. Soc. A163, No. 913 (1937b), 250-64; idem., *The Physics of Blown Sand and Desert Dunes* (London: Methuen, 1941, 1971).

(٢) P. Y. Belly, *Sand Movement by Wind* (U.S. Army Corps of Engineers, Coastal Engineering Research Center, Tech. Mem. I 1964).

(٣) R. J. Bryan, "Aerodynamic Roughness Criteria in Aeolian Sand Transport," *Geophysical Research*, 73, No. 2 (1986), 541-47.

(٤) W. S. Chepil, "Dynamics of Wind Erosion, I: Nature of Movement of Soil by Wind," *Soil Science*, 60 (1945a), 305-20; idem., "Dynamics of Wind Erosion, II: Initiation of Soil Movement," *Soil Science*, 60 (1945b), 397-411; idem., "Dynamics of Wind Erosion," III: The Transport Capacity of the Wind," *Soil Science*, 60 (1945c), 457-80.

(٥) W. S. Chepil, and R. Milne, "Comparative Study of Soil Drifting in the Field and in Wind Tunnel," *Sci. Agric.*, 19, No. 5 (1939), 249-57.

(٦) W. S. Chepil and N.P. Woodruff, "Sedimentary Characteristics of Dust Storms," *Am. J. Sci.*, 255 (1957), 104-14; idem., "The Physics of Wind Erosion and Its Control," *Adv. in Agronomy*, 15 (1963), 211-302.

(٧) K. Horikawa and H. W. Shen, *Sand Movement by Wind Action: On Characteristics of Sand Traps*, U.S. Army Corps of Engineers, Beach Erosion Board, Technical Memor. 119 (1960).

(٨) A. D. Howard, J. B. Morton, M. Gal-el-Hak, and D.B. Pierce, *Simulation Model of Erosion and Deposition On A Barchan Dune* (NASA contractor report, NASA CR-2838, Washington, D. C: National Aeronautics and Space Administration, 1977).

(٩) S. A. Hsu, "Measurement of Shear Stress and Roughness Length on a Beach," *J. Geoph. Res.*, 76 (1971a), 2880-2885; idem., "Wind Stress Criteria in Eolian Sand Transport," *J. Geoph. Res.*, 76, =

وكلانسـكي ،(١٠) وكارمـن ،(١١) وكاواميـورا ،(١٢) وزنـج ،(١٣) وأبـو الخـير،(١٤)

= No. 36 (1971b), 8684–8686; idem., "Boundary-layer Trade-Wind Profile and Stress on a Tropical Wind Ward Coast." *Boundary Layer Met.*, 2 (1972), 284–89; idem., "Computing Eolian Sand Transport from Shear Velocity Measurements." *J. Geol.*, 81 (1973), 739–43; idem., "Computing Eolian Sand Transport from Routine Weather Data," *Proc. 14th. Conf. Coast. Eng.*, 2 (1974a), 1619-1626; idem., "Experimental Results of the Drag Coefficient Estimation for Air-coast Interfaces." *Boundary Layer Met.*, 6 (1974b), 505-507; idem., "Boundary layer Meteorological Research in the Coastal Zone." *Geoscience and Man*, 18 (1977), 99-111.

(١٠) A. A. Kalinske, "Turbulence and the Transport of Salt and Silt by Wind," *New York Acad. Sci., Annals*, 44 (1943), 41-54.

(١١) T. V. Karman, "Turbulence and the Skin Friction," *J. of the Aero-nautical Sciences*, 1, No.1 (1934), 1-20; idem., "Sand Ripples in the Desert," *Technion*, 6 (1947), 52-54.

(١٢) R. Kawamura, "Study on Sand Movement by Wind," Inst. of Sci. and Tech., *Univ. of Tokyo, Rep. 5*, Nos. 3-4 (1951), 95-112.

(١٣) A. W. Zingg, "Study of the Movement of Surface by Wind," *Agricult. Engin.*, 30 (1949), 11-13; idem. and W. S. Chepil, "Aerodynamics of Wind Erosion," *Agr. Eng.*, 31 (1950), 279-84; A. W., Zingg, "Wind Tunnel Studies of the Movement of Sedimentary Material," Proc. of the Fifth Hydraulics Conference, University of Iowa, *Bull.* 34 (1952a), 111-35 idem.; "A Study of the Characteristics of Sand Movement by Wind," unpublished Master's Thesis, Manhattan, Kansas: Dept. of Agr., 1952; idem., "Some Characteristics of Eolian Sand Movement by Saltation Processes," In *Actions Eoliennes, Cent. de Rec. Sci., Coll. Int.*, 35 (1953), 197-208.

(١٤) Y. Abolkhair, "Sand Encroachment by Wind in Al-Hasa of Saudi Arabia," Unpublished Ph. D. Dissertation, Bloomington, Indiana Geog. Dept., 1981. idem., "The Effect of Wind and Sand Grain Size Characteristics on Sand Drift and Sand Dune Movement," A proposal submitted to the Saudi National Sand Movement Committee, SANCT, Riyadh, Saudi Arabia, 1983; idem., "The Size Characteristics of the Drifting Sand Grains in Al-Hasa Oasis, Saudi Arabia," *Geo. Journal*, 11, No. 2 (1985), 131-35; idem., "Statistical Analysis of the Sand Grain Size Distribution of =

وآل سعود،[١٥] والقاسم،[١٦] والخلف،[١٧] والسقا،[١٨] كلها تعتبر أمثلة حية للدراسات المعاصرة التحليلية في مجال الرمال وزحفها. إن هذه الدراسات المنوَّه عنها آنفا تدل دلالة واضحة على اهتمام العالم دراسات الرمال. كما أنها دليل على التحول الفكري في دراسة الرمال من الوصف إلى الكم المصاحب لبناء النظريات والنماذج وصياغة القوانين التي تشرح ديناميكية البناء الرملي وزحفه وتحدد معدلات البناء والهدم لظاهراته. ومما يجدر ذكره في هذا الخصوص أنه قد لازم هذا التحول الفكري في المنهج والأسلوب لدراسة الرمال توجه بارز لدى بعض جامعات العالم ومراكز البحوث العلمية المتخصصة لدعم مجالات أبحاث الرمال. فتمنح بعض الجامعات المرموقة كراسي أكاديمية وأساتذة متخصصين أو زائرين في مجال أبحاث الرمال، كما تخصص بعض الجامعات منحًا مالية سخية للمشاريع العلمية العالمية في هذا الاتجاه كما تخطط لمنح رسائل عليا لأبناء من هذه البيئات الصحراوية. في الوقت نفسه تنهج بعض الدول نهجًا جديدًا يتجسد في إنشاء مراكز وطنية لدراسات الصحراء وبحوث الرمال على وجه الخصوص. كما قامت بعض الشركات والمؤسسات الصناعية في العالم بتوجيه بعض منتوجها التقني لخدمة احتياجات المعامل والمحطات الحقلية التي تتطلبها دراسات الرمال في العالم.

= Al-Ubaylah Barchan Dunes, Northwestern Al-Ruba' Al-Khali Desert, Saudi Arabia," *Geo. Journal*, 31, No. 2 (1985), 103-109.

يحيى أبو الخير، «زحف الرمال بواحة الأحساء،» *نشرة الجمعية الجغرافية الكويتية*، ع ٦٤ (١٩٨٥م)، ص ص١٣١-١٣٥.

(١٥) مشاعل آل سعود، «الانسياق الرملي وخصائصه الحجمية بصحراء الدهناء على خط الرياض - الدمام،» رسالة دكتوراه، الرياض: قسم الجغرافيا، جامعة الملك سعود، ١٩٨٥م.

(١٦) ليلى القاسم، «الرواسب الرملية في المنطقة الشرقية - المملكة العربية السعودية» رسالة ماجستير، الرياض: قسم الجغرافيا - كلية التربية، الرئاسة العامة لتعليم البنات، ١٩٨٦م.

(١٧) A.H. Al-Khalaf, "Specification and Calibration of Bangold's Model for Sand Transport, Urayq Al-Buldan Dune Field, Central Saudi Arabia," unpublished Ph.D dissertation, Bloomington, Indiana Univ., 1986.

(١٨) A. M. Sagga, "Variations in Sand Grain Size and Shape over Barchan Dunes in the Jafurah Desert Saudi Arabia," unpublished Ph.D dissertation, Lancaster, U.K.: Univ. of Lancaster, 1986.

والحقيقة أنه من الصعب أن نؤرخ بداية للكتابة عن الرمال في الجزيرة العربية، ولكن يمكن أن نقول إن الإنسان في شبه الجزيرة العربية قد تفاعل مع الرمال منذ أن وطأت قدماه أرضها. فالمشكلة الرملية بالنسبة لإنسان شبه الجزيرة مشكلة قديمة قدم استيطانه وتنقلاته في المنطقة. ولكن من أحدث الدراسات القديمة عن الرمال في المملكة العربية السعودية هي كتابات الرحالة أمثال فيليبس،(١٩) وفيلبي،(٢٠) وكورنوول،(٢١) وثيسقر،(٢٢) وغيرهم ممن عبروا الصحراء الذين سطروا انطباعاتهم الشخصية وملاحظاتهم عن الظواهر الرملية وأشكالها وألوانها وتحركاتها في المناطق التي عبروها وبالطبع، ونتيجة للتقدم الاقتصادي الذي تشهده المملكة بعد اكتشاف البترول في قلب بحار الرمال وما صاحب ذلك من تقدم فكري وثقافي وعلمي واستراتيجي في مجالات الحياة كافة، وانفتاح المملكة على دول العالم والاستفادة من خبراتها العلمية والتقنية، فقد ظهرت دراسات عن الرمال ذات منحى تطبيقي في المنهج والأسلوب.

كما أن التطور العمراني والزراعي والصناعي والعسكري الذي تشهده المملكة اليوم قد حتم امتداد النفوذ الإنساني في قلب بحار هائجة من الرمال الزاحفة كما امتد نفوذ الإنسان السعودي على شواطىء هذه البحار واتسع نطاق تفاعله معها. هذا لاشك قد وضع الإنسان السعودي أمام أحد تحديات البيئة أو بالأحرى أمام مشكلة بيئية حقة تتطلب تفهم أبعادها الجغرافية والهندسية والديناميكية والفيزيائية. كما تتطلب أيضًا التعرف على خصائصها الطبيعية والمورفولوجية على المستويين التفصيلي الدقيق والشامل العام، وذلك لتوخي أنسب الحلول للحد من زحف شواطىء الرمال الجامحة على مناطق نفوذ الاستثمار

(١٩) J. A. Philips, "The Red Sands of the Arabian Desert," *Geological Society of London, Quarterly Journal*, 38 (1882), 110-13.

(٢٠) H. St. J.B. Philby, *The Heart of Arabia* (London: Constable, 1922); idem., *The Empty Quarter* (New York: Holt, 1933).

(٢١) P.B. Cornwall, "Ancient Arabia, Explanations in Hasa," *Geog. Jour.*, 107 (1940, 1941), 28-50.

(٢٢) W. Thesiger, "Across the Empty Quarter," *Geog. Jour.*, 111 (1944), 1-21; idem., "A Further Journey across the Empty Quarter," *Geog. Jour.*, 113 (1949), 21-46.

السعودي في هذه البيئة الصحراوية. إن هذه الظروف قد اقتضت توجهًا علميًّا تطبيقيًّا في دراسة الرمال في المملكة يرتكز هدفًا ومضمونًا على البحث الميداني والمعملي والكمي التحليلي للمشكلة الرملية تحت البحث. فاتجهت الدراسات نحو رصد ظاهرة الرمال وتحركاتها وتوظيف أنسب الوسائل التقنية والمعملية والحقلية والتصويرية الأرضية والفضائية للتعرف على ماهية الرمال وخصائصها الطبيعية والديناميكية بغية الوصول إلى تقنين إقليمي لها بما يحقق الحد من زحفها على منشآت الإنسان السعودي. ومن أمثلة هذه الدراسات المعاصرة في المملكة العربية السعودية كتابات شورت،[٢٣] وكر ونقرا،[٢٤] وهولم،[٢٥] وستيفينز،[٢٦] وكيبل،[٢٧] وكردي،[٢٨] وفطاني،[٢٩] والزايدي والحجازي،[٣٠]

---

(٢٣) A.M. Short, *Sand Control*, Dhahran District, unpublished Aramco report, (Nov. 1949); idem. *Sand Control*, Dhahran District, long range program, Aramco report, 1950; idem., *Long Range Sand Control*, Abqaiq, Aramco Report, 1950.

(٢٤) R. C. Kerr, and J. O. Nigra, "An Analysis of Eolian Sand Control," *Bull. Am. Ass. Pet. Geol.*, 36 (1952), 1541-1537.

(٢٥) D. A. Holm, "Dome Shaped Dunes of Central Nejd, Saudi Arabia," *International Geological Congress, 19th, Algiers, Comptes Rendus*, 7 (1953), 107-12.

(٢٦) J. H. Steven, "Sand Stabilization in Saudi Arabia, Al-Hasa Oasis," *Jour. of Soil and Water Conserv.*, 29 (1974), 129-33.

(٢٧) D.H.L. Keeble, "Eolian Sand in Saudi Arabia." Riyadh: BMMK and Partners Ltd. report, Min. of Comm., 1976.

(٢٨) N. Kurdi, "Design and Construction of Roads in Sand Dune Regions, part 1," Riyadh symp. 12-14 June, Min. of Comm. Saudi Arabia, 1976.

(٢٩) M.N. Fatani, "Control of Wind Blown Sand in Saudi Arabia, a History Case," tech. Symp. of Roads, Min. of Comm., Saudi Arabia, Riyadh, 1976.

(٣٠) A.A. Al-Zaydi, and M. Hejazi, "An Investigation of the Influence of Particle Size and Shape Characteristics on Packing Behavior of Three Localities of Sand in Saudi Arabia," Riyadh, Symp. on Geotech. Problems in Saudi Arabia, 1981.

وأنطون،[٣١] وفرايبرجر،[٣٢] والشعلان وآخرين،[٣٣] وآل سعود، والقاسم، والخلف، والسقا، وأبو الخير.

وإلى جانب هذه الدراسات التي أوردناها على سبيل المثال لا الحصر، فقد تعددت المراكز والمؤسسات المهتمة بأبحاث الرمال في المملكة العربية السعودية، فشملت عددًا من الـوزارات والمؤسسـات الخاصة وبعض الجامعات والمراكز العلمية، فضلاً عن الأبحاث العلمية التي يجريهـا المختصون في هذا المجال داخل المملكة وخارجها. ورغم كل ذلك فيجب الإشارة إلى أن دراسة الرمال في المملكة العربية السعودية لاتزال في مهدها، فهي محدودة في العدد والهدف والبعد المكاني. كما أن نتائج الكثير من هذه الدراسات لا يمكن أن يوظَّف في بناء النظريات والنماذج والقوانين التي تشرح طبيعة المشكلة الرملية. هذا الأمر لا يعود لقصور في نتائج هذه الدراسات والبحوث، ولكنه يعود إلى محدودية بعدها الإقليمي من حيث الموقع والموضع، وأيضًا إلى انعدام وجود خطة وطنية شاملة لدراسة الرمال تربط الأهداف بالنتائج التي تهيىء إمكانية التنظير والنمذجة والتقنين للمشكلة. كما أن كثيرًا من الجهات ذات العلاقة بالمشكلة جاءت نتائج دراساتها للرمال أولية ولا تتعدى بضع تقارير دورية أو مقالات تميل إلى الوصف أكثر منها إلى الاستقراء والاستدلال وتوظيف القرائن الجائزة. وانصب جل اهتمامها كمًّا ونوعًا نحو استعراض أنسب الطرق لتثبيت الرمال لإنقاذ ما يمكن إنقـاذُه من مناطق طمرتها الرمال واحتضنتها كثبانها وزمرت على أطلالها الرياح العاتية وتراقصت على أسطحها الحبيبات الرملية الزاحفة. والواقع أن ما ذكر آنفًا ليس فيه ما ينقص من جودة وأهمية ما كتب عن الرمال بين دفات هذه التقارير والدراسات. إلا أنه من الحق أن نقول إن نتائج هذه الدراسات وما نحت إليه يجب أن تكون مرحلة لاحقة

(٣١) D. Anton, *Modern Eolian Deposits of the Eastern Province of Saudi Arabia*, Sand Research Program, U.P.M., Dhahran, Saudi Arabia, 1982.

(٣٢) S.G. Fryberger, et al., "Eolian Dune, Introdune, Sand Sheet and Siliclastic Sabkah Sediments of an Offshore Prograding Sand Sea, Dhahran Area, Saudi Arabia," *Am. Assoc. of Pet. Geol. Bull.*, 67, No. 2 (1983), 280-312.

(٣٣) M. R. Shalan, and R.H.Khosheim, *Investigation of Problem of Wind Blown Sand and Desert Dunes in Saudi Arabia*, SANCST, Riyadh, Saudi Arabia, Project No. 1/70, 1983.

لدراسات سابقة تتعلق بتحديد البيئات الرملية في المملكة العربية السعودية والتعرف على خصائصها وملامحها الطبيعية الفيزيائية والبيولوجية والريحية والديناميكية والجيومورفولوجية. فمن المفهوم أن تطبيق أي أسلوب لتثبيت الرمال في المملكة يجب أن يعتمد اعتمادًا مطلقًا على نتائج في تلك الاتجاهات وليس العكس. كما أن ما يقال عن هذه التقارير والدراسات يمكن أن يقال أيضًا عن بعض المشاريع التي تبرم عقودها وتنفذها الوزارات المعنية بتثبيت الرمال والحد من خطورة انتشارها. ويجب أن ندرك أنه ليس في هذا انتقاص أيضًا بأي حال من الأحوال من عظمة هذه المشاريع وسخاء الدولة في الصرف عليها، إذ إن هذه المشاريع تعتبر قضية حتمية في عصر التطور الذي تشهده المملكة للإسراع في الحد من زحف الرمال وإنقاذ المناطق المتضررة منها. ولكن هذا الإدراك يجب ألا يلغي أو يتعارض مع ضرورة مواكبة البحث العلمي الأصولي النظري والتطبيقي لما يتم تخطيطه وتنفيذه من مشاريع مكلفة لتثبيت الرمال في المملكة العربية السعودية.

المشكلة الرملية في المملكة العربية السعودية

إن تعدد المناطق المتضررة في المملكة العربية السعودية من زحف الرمال واتساعها لمؤشر على مدى ضخامة هذه المشكلة وجبروتها. وسنكتفي هنا بعرض مختصر لأهم نتائج دراسات الرمال بواحة الأحساء وصحراء الدهناء كمثال نموذجي لما يمكن أن يتوقع حدوثه على أطراف الشواطىء الأخرى من طلائع بحر الرمال في المملكة العربية السعودية.

ولكن قبل أن نستعرض المشكلة الرملية في المواقع المشار إليها أعلاه يجب أن نشير إلى أن الدراسات التي أجريت في المواقع المتضررة من الرمال في المملكة تؤكد بأن هناك نوعين من الزحف الرملي، النوع الأول هو الانسياق الرملي، أي حركة الحبيبات الرملية أو زحفها فوق أسطح الكثبان والفرشات الرملية عندما تصل سرعة الرياح إلى ٥,٥ متر/ثانية. أما النوع الثاني فهو زحف الكثبان والحوائط الرملية الذي يبدأ عندما تزيد سرعة الرياح على ٩ أمتار في الثانية. وتدل النتائج على أن الحبيبات تزحف دحرجة أو قفزًا بينما تتهادى الكثبان زحفًا فوق سطح القشرة. كما تشير النتائج إلى أن خطورة الانسياق الرملي في الواقع هي أكبر من خطورة الكثبان والحوائط الرملية، وذلك لقابلية الرمال للانسياق عند سرعة ريحية بطيئة نسبيًا من جانب، وكذلك قدرتها على السفر لمسافات أطول في الوقت نفسه من تلك التي

تقطعها الكثبان من جانب آخر. أضف إلى ذلك أن الستار الرملي الناجم بفعل الانسياق الـرمـلي يغطي مساحات أوسع وفي وقت أقصر من تلك المساحات التي تغطيها الكثبان الزاحفة، إذ لا تقل كمية الانسياق الرملي في صحارى المملكة عن ثمانين مترًا مكعبًا للمتر الواحد في العام. وتنجم هذه الكمية بشكل أساسي بفعل الرياح التي تهب على المملكة من اتجاهات الشمال حيث الضغط المرتفع المتمركز خلال الصيف بالنطاق الشرقي لحوض البحر الأبيض المتوسط وانخفاض نظيره بقلب شبه الجزيرة العربية. ويتراوح حجم الحبيبات التي تزحف بفعل هذه الرياح ما بين ٢ , ٠-٣ , ٠ ملم في المتوسط. ويمثل الكوارتز أكثر من ٩٩٪ من المعـادن المكـونـة للرمـال الزاحفة في المملكة، بينما تمثل بقية المعادن السيليكية وغير السيليكية النسبة الباقية. ويتأرجح شكل حبيبات الرمال الزاحفة ما بين المستديرة وشبه المستديرة التي تمثل نسبة كبيرة من الستار الرملي الزاحف، بينما تمثل الأشكال الزاويّة النسبة البـاقية. وتظهر التحاليل المجهرية والكيميائية وجود أغلفة للحديد وكربونات الكالسيوم حول الإطار الخارجي للحبيبات الرملية الزاحفة. وفيما يلي عرض موجز لجوانب المشكلة الرملية في واحة الأحساء أولا وفي صحراء الدهناء ثانيًا.

أولاً : جوانب المشكلة الرملية في واحة الأحساء(٣٤)

تمثل الكثبان الرملية الهلالية الشكل مظهرًا جيومورفولوجيا رئيسيًا في هذا الإقليم. وتلتحم هذه الكثبان الرملية مكونة حوائط متعرجة ومتوازية تعرف بمجموعة الباركانويد barchanoid التي يزيد ارتفـاع معـظمهـا على ٢٥ مترًا فوق سطح المنطقة. وتتحرك هذه الحوائط نحو الجنوب على رواسب رباعية من سبخات وفرشات حصوية وطموية ترتكز على تكوين الهفوف المتميز بأحجاره الرملية والجيرية والكنجلوميرات المارلي الكلسي والذي يعود تاريخه إلى عصر البليوسين. وتقدر مساحة هذا الإقليم الرملي بحوالي ٢٣٠ كيلومترًا مربعًا

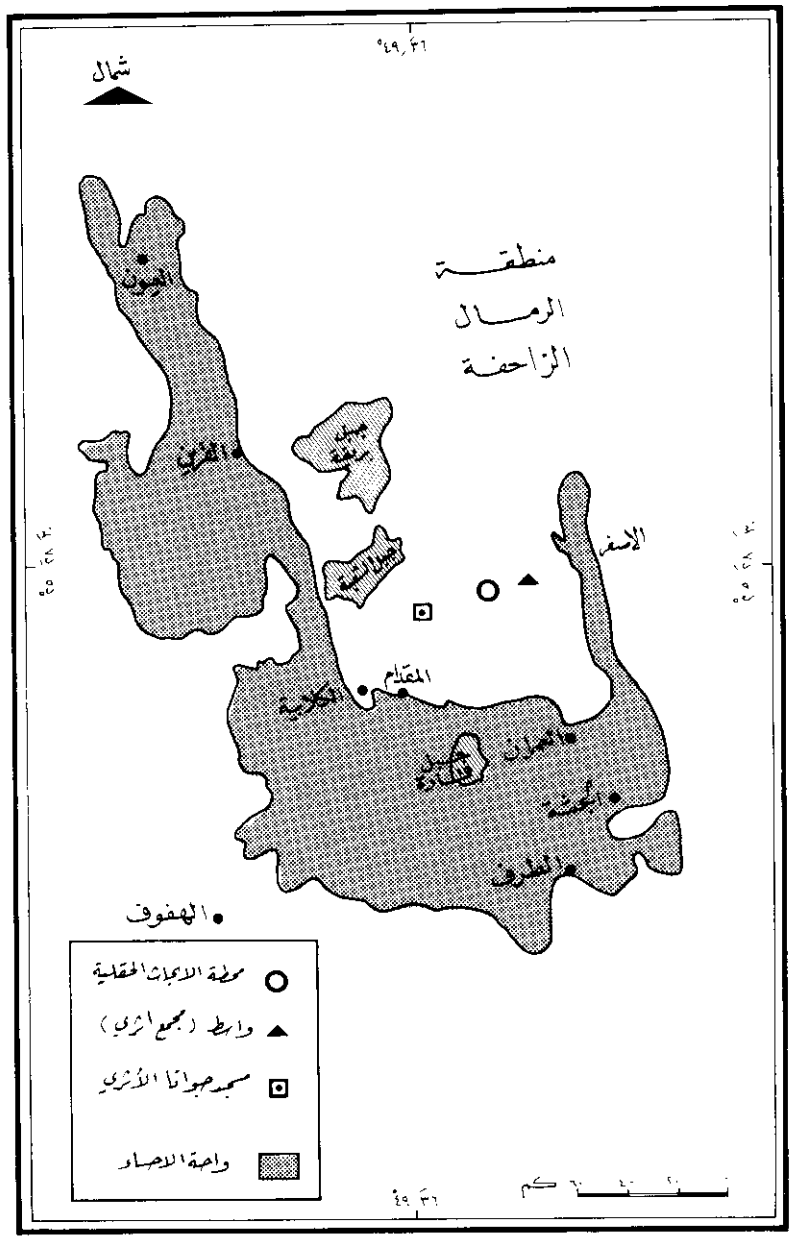
(٣٤) متن هذا الجزء من البحث اقتبس بتصرف من : Abalkhair, "Sand Encroachment;" idem., J. Hidore, and Y. Abolkhair, "Sand Encroachment in Al-Hasa Oasis, Saudi Arabia," *Geog. Review*, 73, No.3 (1982). 351-56 ؛ يحيى أبوالخير، «زحف الرمال بواحة الأحساء» نشرة الجمعية الجغرافية الكويتية ٦٤٤ (١٩٨٥م)، ص ص١٣١-١٣٥.

يضم بين أكنافه ما يعادل ٢٦٠,٠٠٠,٠٠٠,٠٠٠ متر مكعب من الرمال القابلة للحركة بفعل الرياح (شكل رقم ٢).

وتعتبر صحراء النفود والجافورة المصادر الرئيسة للرمال في هذا الإقليم، إلا أنه يجب التنويه هنا إلى أن صحراء النفود هي المغذي الرملي الرئيس لرمال الأحساء حيث يصل إلى الواحة من هذه الصحراء كل عام آلاف الأطنان من الرمال التي تسوقها من الشمال الرياح الشمالية والشمالية الغربية التي تشتد وطأتها خلال فصلي الربيع والصيف. كما أن هناك مصادر محلية للرمال تنحصر في الإقليم الرملي الواقع إلى الجنوب من منطقة الجبيل. وتجلب الرياح الشرقية إلى هذا الإقليم كذلك كميات محددة نسبيًا من رمال شواطىء الخليج.

وتشير الدراسات التي أجراها الباحث برمال الأحساء إلى أن الأجزاء الشمالية من قرى العمران والعيون والمقدام وجواثا والمحترقة قد طمرت عبر القرون تحت كثبان رملية يزيد ارتفاعها على خمسة وعشرين مترًا ولا يقل معدل زحفها عن خمسة وعشرين مترًا في العام. وتدل الدراسات أيضًا على أن هناك كثبانًا صغيرة الحجم في المنطقة يفوق معدل زحفها السنوي اثنين وخمسين مترًا. ولقد أوضحت الدراسات الحقلية التي قام بها الباحث في هذا الإقليم أن ثلاثة ملايين متر مربع من الأراضي الواقعة إلى الشمال من هذه القرى قد طمرت تحت الرمال خلال القرن الماضي. ويقدر الباحث كمية الرمال التي تزحف سنويًا على شمال الأحساء بما يعادل حمولة ٢١٢٦٢ شاحنة حمولة الواحدة منها عشرون طنًا. ولو افترضنا بأنه من الممكن إعادة هذه الكمية إلى مواقعها الأصلية وخلال فترة تعادل طول الفترة التي زحفت خلالها، فإن الأمر يتطلب استخدام ١٤٢ شاحنة من ذوات العشرين طنًا تتحرك بحمولتها كل ثماني ساعات أو ١٨ شاحنة كل ساعة أو شاحنة واحدة تتحرك بحمولتها من الرمال كل ثلاث إلى أربع دقائق تعمل باستمرار لمدة ثماني ساعات في اليوم وسبعة أيام في الأسبوع واثنين وخمسين أسبوعًا في العام الواحد.

ونتيجة للزحف الرملي المستمر فقد اضطر سكان وفلاحو هذه الواحة للهجرة باستمرار نحو الجنوب أمام غزو الرمال، الأمر الذي أدى إلى تقلص الرقعة الزراعية والمناطق



شكل رقم ٢ . واحة الأحساء.

المصدر: Abolkhair, "Sand Encroachments;" idem. "Sand Movement"

الصالحة للاستيطان البشري. ويروي سكان قرى الأحساء قصصًا تنم عن مدى امتداد الواحة نحو الشمال في الماضي، فمنهم من يجزم بأن الأراضي الصالحة للزراعة حاليًا هي تقريبًا حوالي نصف ما كانت عليه في المائة سنة الماضية. ويذكر كبار وشيوخ قرى الأحساء امتداد بعض قراهم عدة كيلومترات إلى الشمال من حدودها الحالية في منطقة يذكرون بأنها كانت خاوية من الرمال. ولقد دعمت بعض هذه الروايات والقصص بدراسات حقلية أسفرت نتائجها عن وجود تربة زراعية مطمورة تحت الفرشات الرملية الحالية. هذا كما تنتشر داخل الإقليم الرملي وعلى مسافات بعيدة عن مراكز الاستيطان الحالية جذوع للنخيل وآثار للآبار القديمة ومظاهر للسقاية والاستيطان البشري. (منظر رقم ١ ورقم ٢).

وإدراكًا من الدولة لمدى أهمية هذه الواحة وإيمانًا منها بخطورة زحف الرمال عليها، فلقد قامت وزارة الزراعة والمياه منذ عام ١٩٦٢م بإنشاء مصدات شجرية شمال الواحة لإيقاف حركة الكثبان الرملية والحد من زحفها. وعلى الرغم من النجاح الباهر الذي حققه هذا المشروع الكبير في الأجزاء الواقعة إلى الشمال من المقدام والعمران، فهناك أجزاء كثيرة أخرى من الواحة لاتزال تخضع لوطأة أطنان من الرمال تزحف عليها كل عام.

ومما تجدر الإشارة إليه أن الدراسات التي أجراها الباحث في منطقة الأحساء قد انبثقت عنها مجموعة من النماذج التي يمكن بها تقدير كمية الانسياق الرملي والمسافة التي تزحفها الكثبان الرملية على وجه الصحراء. فيحسب الانسياق الرملي لسرعات الرياح السائدة التي تزيد على ٥,٥ متر/ثانية بموجب النموذج التالي

$$q\,A = e^{LNq}$$

منظر رقم ١ . زحف الرمال على إحدى المزارع بواحة الأحساء.

منظر رقم ٢ . زحف الرمال على إحدى المزارع بواحة الأحساء.

حيث إن (q A) يمثل كمية الرمال الزاحفة مقاسة بالمليليتر/٥٠ , ٠سم/ ساعة؛ أما (e) فتعادل ثابتًا مقداره 2.7182818 . أما (LNq) فيمكن حسابها بموجب النموذج التالي:

$$LNq = 0.87090637 + 0.50858901 \quad (V)$$

حيث إن (V) تعادل سرعة الرياح مقاسة بالأمتار في الثانية. وتحسب المسافة التي تزحفها الكثبان الرملية بفعل الرياح المختلفة باستخدام النموذج التالي:

$$DM = \left[\left(\frac{(Y)\,(w)\,(e^{LNq}) / 10^{6}}{\sin \propto (L)} \right) \right]$$

حيث تعادل (DM) المسافة التي يزحفها الكثيب الرملي بفعل الرياح المختلفة مقاسة بالسنتمترات في الساعة. وتمثل (W) رقمًا ثابتًا مقداره (200) وتعادل (∝) زاوية انحدار الكثيب الواقع في ظل الرياح السائدة وخاصة في حالة كون (∝) تزيد على **٣٢** درجة. أما (L) فتعادل طول منحدر الكثيب الواقع في ظل الرياح السائدة ولكل السرعات التي تزيد على **٥ , ٥** متر/ثانية.

ثانيًا: المشكلة الرملية بصحراء الدهناء

أنشأت آل سعود في الفترة من مارس إلى أغسطس من عام **١٩٨٤**م محطة حقلية لرصد زحف الرمال بصحراء الدهناء، وبالتحديد في الإقليم الواقع عند مصب وادي سعد ووادي الجافي ووادي الضلعاوي على بعد بضعة كيلومترات شمال مركز مرور سعد ومشتل وزارة الزراعة والمياه. وتنحصر هذه المنطقة ما بين خط الرياض ـ الدمام الجديد من الشمال الغربي وخط الرياض ـ الدمام القديم من الجنوب الشرقي في القطاع الرملي الواقع ما بين عرق عمر من الشمال وعرق الخبيب من الجنوب. وتبعد هذه المنطقة عن الرياض بنحو **١١٥** كيلومترًا تقريبًا نحو الشمال الشرقي. وتحقيقًا لأهداف هذه الدراسة استخدمت آل سعود مصيدتين للرمال، إذ وضعت إحدى هاتين المصيدتين في نطاق رمال الخبيب بينما وضعت الثانية في نطاق ما بين العروق الرملية. وتشير القراءات الحقلية اليومية إلى أن المجموع الكلي للانسياق الرملي من الاتجاهات المختلفة بالنطاقين المذكورين أعلاه قد بلغ

نحو ٣٨٧٠٥٢ ملليلليتر/ ٥ ملليميتر/ ٣٠٣ عاصفة . وتستحوذ الاتجاهات الشمالية مجتمعة على ثلاثة أرباع كمية الانسياق الرملي الكلي . ويظفر الاتجاه الشمالي الغربي وحده تقريبًا بنصف كمية الانسياق الـرمـلي الكـلي الـذي رصـد خلال فترة الـدراسة من الاتجاهات المختلفـة . كما تظفر الاتجاهات الشمالية مجتمعة خلال شهر يونيو بنصف كمية الانسياق الرملي الذي رصد من الاتجاهات المختلفة خلال فترة الدراسة . وتعتبر فترة الدراسة (مارس إلى أغسطس) من أكثر فترات السنة انسياقًا للرمال وذلك لأن هذه الفترة من العام تتصف عادة بارتفاع درجات الحرارة واشتداد سرعة الرياح وتكرر حدوثها وانعدام الرطوبة وجفاف الجو والتربة . كما تتصف هذه الفترة أيضًا بسيادة مراكز للضغوط الجوية المحلية والإقليمية ذات التأثير المباشر في الكتل الهوائية واتجاهاتها كمراكز الضغط الجوي المنخفض الآسيوي والأفريقي ومركز الضغط المرتفع المسيطر عل حوض البحر الأبيض المتوسط . ويعزى أكثر من ثلاثة أرباع المجموع الكلي للانسياق الرملي الذي رصد خلال فترة الدراسة إلى عواصف من الاتجـاهات الشمالية مجتمعة رصدت معظمها خلال ساعات النهار . وتمثل العواصف النهارية المسببة للانسياق الرملي أكثر من ثلاثة أرباع مجموع حالات العواصف التي سجلت خلال فترة الـدراسة من الاتجاهات المختلفة . وتتكرر العواصف النهارية وتشتد سرعاتها وتـطول فترات هبوبها مع ارتفاع درجات الحرارة وزيادة الإشعاع الشمسي . ويقترن بهذا الوضع نقص ملحوظ في عدد العواصف الرملية الليلية وشدتها .

وتؤكد آل سعود أن نحو ٧٧٤١٠ أمتار مكعبة من الرمال (٧٧ , ٤١٠ , ٤٠٠ ليتر) قد زحفت عبر كل كيلومتر من صحراء الدهناء خلال الفترة الواقعة من بداية مارس إلى نهاية أغسطس من عام ١٩٨٤م . وتزن هذه الكمية كما ذكرت آل سعود نحو ١٣١ , ٥٩٨ طنًا من الرمال . وتقدر كمية الانسياق الرملي التي تعرض لها خط الرياض ـ الدمام القديم في جزئه المحصور بين منطقتي سعد وخريص الواقعتين على بعد ٤٥ كيلومترًا من بعضهما عن الـطرف الغـربي والشرقي لصحـراء الدهناء على التوالي نحو ٣ , ٤٨٣ , ٤٧٧ مترًا مكعبًا (٥ , ٩٢١ , ٩١١ طنًـا) من الـرمال زحفت خلال فترة الدراسة من الاتجاهات المختلفة . وتفترض آل سعود أنه لو بالإمكان نقل ذلك الوزن من الانسياق الرملي (٥ , ٩٢١ , ٩١١ طنًـا) أو إعادته إلى مواقعه الأصلية أثناء فترة زمنية تعادل طول الفترة التي زحفت الرمال

خلالها، فإن الأمر يتطلب استخدام حوالي ٢٩٦,٠٩٦ شاحنة تقريبًا، حمولة الواحدة منها عشرون طنًا. وهذا يعني ضرورة استخدام ٦٠ شاحنة من الحمولة نفسها كل ساعة أو شاحنة واحدة تتحرك بحمولتها من الرمال كل دقيقة تعمل باستمرار خلال أربع وعشرين ساعة في اليوم وسبعة أيام في الأسبوع وتسعة وعشرين ونصف أسبوعًا في العام تقريبًا أو ما يعادل ٤٩٣٥ ساعة عمل أو ٢,٠٥٦,٢٢٢ يوم عمل. كما يتطلب القيام بهذا العمل خلال تلك الفترة الزمنية المشار إليها آنفًا أكثر من نصف مليون عامل (٥٩٢,١٩٢ عاملاً) يتناوبون العمل بينهم طيلة تلك الفترة أو بواقع ٢٨٧٥ عاملاً لكل أربع وعشرين ساعة أو ١٢٠ عاملاً في الساعة أو عاملين في الدقيقة الواحدة. ولو افترضنا أن الأجر اليومي للعامل هو مائة ريال سعودي فإن التكلفة الإجمالية للقيام بهذا العمل تقدر بنحو ٥٩,٢٢٥,٠٠٠ ريال سعودي تصرف خلال تلك الفترة، أي كل ٢٠٦ أيام أو كل ٤٩٣٥ ساعة، وهذا يعني إنفاقًا يوميًا يقدر بنحو ٢٨٧,٥٠٠ ريال أو ما يعادل ١١٩٨٠ ريالاً كل ساعة تقريبًا أو ٢٠٠ ريال في كل دقيقة وفقًا للتقديرات إلى أوردتها آل سعود.

وقد توصلت آل سعود نتيجة لهذه الدراسة الميدانية إلى عدة نماذج إحصائية، حيث يبين النموذج التالي العلاقة بين الانسياق الرملي الحبيبي وسرعة الرياح وحجم الحبيبات:

$$\log_e q = 0.5360\ (v) - 0.3801\ (\log_e d)$$

حيث إن:

$\log_e q$ هي القيمة اللوغراثمية الطبيعية للانسياق الرملي.

e تساوي الثابت اللوغراثمي ومقداره 2.7182818

v هي سرعة الرياح التي تزيد على ٥,٣ متر /ث

أما $\log_e d$ فهي القيمة اللوغراثمية الطبيعية لقطر حجم الحبيبات الرملية الزاحفة مقاسة بالملليمترات.

كما أثبتت النتائج التي توصلت إليها آل سعود بتطبيق معامل ارتباط بيرسون أن الرياح في صحراء الدهناء — كما هي الحال عليه في صحراء الجافورة وغيرها من صحارى المملكة — هي أكثر العوامل تأثيرًا في كمية الانسياق الرملي، إذ إن مربع قيمة (ر) يشرح نحو ٩٩,٢٤٪ من التباين في كمية الانسياق الرملي. ويوضح القانون التالي العلاقة بين

الانسياق الرملي الحبيبي وسرعة الرياح:

$$\log_e q = 6.3109 + 5.4134 (\log_e v)$$

حيث إن: $\log_e v$ هي القيمة اللوغرائمية الطبيعية لسرعة الرياح التي تزيد على ٥,٣ متر/ث.

وتحذر آل سعود من أن هذا الزحف الهائل من الرمال كان ومازال سببًا رئيسًا في عرقلة الحركة المرورية على الطريق أثناء أشهر الانسياق الرملي وخطرًا كامنًا يهدد المنشآت المتعددة والمتناثرة في هذه الصحراء. هذا وقام السقا في عام ١٩٨٦م بدراسة للخصائص الحجمية للرمال الزاحفة بصحراء الجافورة، كما قامت القاسم في العام نفسه بدراسة تفصيلية أخرى لرمال الجافورة. وفي عام ١٩٨٦م أيضًا قام الخلف بفحص نموذج باجنلد في عروق البلدان بوسط المملكة. ونظرًا لأن هذه الدراسات المشار إليها أعلاه ذات أبعاد تقع خارج نطاق أهداف الإطار المرجعي لهذه الدراسة، فقد اكتفى الباحث بالإشارة إليها مستعرضًا في هذه الورقة نموذجي المشكلة الرملية بواحة الأحساء وصحراء الدهناء فقط.

الخاتمـة: الحـــل

إن السؤال الذي يطرح نفسه علينا في نهاية هذا المقال هو ما دور العلماء وجهات الاختصاص تجاه أبحاث الرمال ومشكلاتها؟ وهذا السؤال يطرح سؤالاً آخرًا يتعلق بماهية العنـاصر والأهـداف الـرئيسة التي من الواجب أن ترتكز عليها محاور هذه الدراسات أو الأبحاث المتخصصة أو بالأحرى ماهية الخطوط الرئيسة التي من الواجب أن يعنى بها المنهج والأسلوب العلمي المعاصر في أبحاث الرمال. ويمكن إجمال الإجابات عن هذه التساؤلات في النقـاط الـرئيسـة أدنـاه التي تصلح في تصوري أن تكون هيكلاً لمنهج علمي معاصر تتبنى تنفيذه أكـاديمية علمية تنشـأ في المملكة لخدمة برامج أبحاث الرمال. فتقوم هذه الأكاديمية بالتخطيط للتصوير الجوي المتتابع للمناطق المتضررة من الرمال وتحليل لقطات الأقمار الصناعية لهذه المواقع وتصنيف أنماط الكثبان فيها وتقدير مساحات وكميات الرمال التي تطمرها وتلك التي تغذيها والقابلة للزحف منها، واقتران ذلك بدراسة لجيومورفولوجية الأشكال الرملية وخصائصها الطبيعية وتوزيعها الجغرافي. كذلك من الممكن أن تهتم هذه

الأكاديمية بتكثيف الدراسات الحقلية لاستقصاء وتحري العوامل المؤثرة والمتحكمة في البناء الرملي ومعدلات زحفه، كرصد سرعة الرياح واتجاهاتها ومدة هبوبها، وتحديد أحجام الحبيبات الزاحفة وأشكالها وبنائها المعدني والكيميائي، ودرجة مسامية الرمل ونفاذيته، ورطوبة التربة وظروف المناخ السائدة، وطبيعة ملمس السطح الذي تزحف فوقه الرمال، وكثافة الغطاء النباتي وتوزيعه، وحجم التغذية الرملية ومصادرها. ولكي تحقق هذه الأكاديمية طموحاتها العلمية عليها أن تكون صرحًا مستقلًا ماليًا وإداريًا وتقنيًا فتسعى هذه الأكاديمية إلى إنشاء المعامل والمختبرات المتطورة للقيام بالفحوصات المعملية اللازمة للعينات الرملية التي تجلب من مناطق مختلفة في المملكة. ويجب أن تزود هذه المعامل أيضًا بمرافق متطورة لنظم الحاسبات الآلية التي تمكن الباحثين من تخزين المعلومات والنتائج المتعلقة بأبحاث الرمال في الداخل والخارج واسترجاعها بالسرعة الممكنة. ومن الواجب أن يواكب نظام التخزين للمعلومات واسترجاعها عجلة التطور في أبحاث الرمال في العالم بشكل يمكن الباحثين من استخدامها في وضع النماذج الرياضية التي تعكس تأثير العوامل المختلفة في زحف الرمال كما تمكنهم من القيام بعمليات التشبيه الآلية لمراحل انتقال الكثبان الرملية وتحديد مدى أثر وسائل الحجز المختلفة في معدلات زحفها. كما أن تزويد هذه المعامل بأنفاق هوائية سيساعد الباحثين أيضًا على إجراء التجارب المختبرية على مجسمات تطابق طبيعة البيئة الرملية، الأمر الذي يهيىء الجو العلمي لاستخلاص القوانين والنظريات والنماذج التي تفسر البناء الرملي وتشرح معدلات زحفه وتقننه. أضف إلى ذلك أن هذه الأنفاق والتجارب التي ستجري فيها ستكون سبيلًا لتطوير القوانين والنماذج والنظريات المتاحة في مجال أبحاث الرمال وتقويم وسائل حجز الرمال المتبعة حاليًا وتطويرها أو استبدالها بالأفضل منها. كما أنها تمثل أداة أساسية لإجراء التجارب على المثبتات المختلفة المستخدمة في حجز الرمال.

إن أكاديمية علمية تنشأ في المملكة كمركز وطني لأبحاث الرمال لكفيلة بأن تتولى تنفيذ برنامج علمي جاد لدراسة الرمال في المملكة وأن تسمو بالبحث العلمي في هذا المجال إلى مصاف البحوث العالمية. وبالطبع من الممكن أن يتسع مدى هذا المركز في المستقبل لكي يصبح أكاديمية خليجية تعنى بدراسة الرمال ومشكلاتها على مستوى دول مجلس التعاون

الخليجي أو على مستوى دول العالم العربي الأخرى والدول المتقدمة السابقة في التنظير والنمذجة والتقنين في مجالات أبحاث الرمال. ولعل من المفيد في هذا الصدد الإشارة إلى أن الدراسات التي شملها مؤلف ماكي[٣٥] يمكن أن تشكل نموذجًا حيًّا للدراسات المعاصرة التي قد ترى المؤسسات المهتمة ببرامج أبحاث الرمال في المملكة تبني مناهجها وأساليبها، نظرية كانت أم تطبيقية، للسمو بهذه البرامج والمشاريع إلى مصاف أبحاث الرمال في أكثر بلاد العالم تقدمًا. ومن الدراسات الأخرى المعاصرة التي يمكن أن تثري برامج الرمال ومشاريعها في المملكة خاصة ما يتعلق منها بتصميم النماذج الرياضية النظرية والتجريبية منها والتشبيهية، أو طرق القياس والتحليل للظاهرات الرملية المختلفة، كانتقال الحبيبات الرملية في الستار الريحي هي ما قام به شليتشنج،[٣٦] وجليت وآخرون،[٣٧] ووايت،[٣٨] ورازموزين وآخرون،[٤٠] وويليت ورايس،[٤١].

---

(٣٥) E.D. Mckee, ed., *A Study of Global Sand Seas*, U.S.G.S prof. pap. 1052 (Washington: U.S. Gov. Printing Office (1977).

(٣٦) H. Schlichting, *Boundary-Layer Theory* (New York: McGraw-Hill, 1979).

(٣٧) D. A. Gillette, J. Adams, A. Endo, D. Smith, and R. Kihl, "Threshold Velocities for Input of Soil Particles into the Air by Desert Soils," *J. Geophys. Res.*, 85 (1980), 5621-5630.

(٣٨) B.R. White, "Two Phase Measurements of Saltating Turbulent Boundary Layer Flow," *Int. J. Multiphase Flow*, 8, (1982), 459-73.

(٣٩) K. R. Rasmussen, M. Sorensen, and B. B. Willets, "Measurement of Saltation and Wind Strength on Beaches," in Proc. Int. Wkshp. Physics of Blown Sand (Copenhagen: Dept. Theort. Stat. Aarhus Univ. mem. 8, 1985) II, 301-26.

(٤٠) M. L. Sorensen, "Estimation of Some Eolian Saltation Transport Parameters from Transport Rate Profiles," in *Proc. Int. Wkhshp. Physics of Blown Sand* (Copenhagen: Dept. Theort. Stat. Aarhus Univ. Mem. 8, 1985), I 141-90.

(٤١) B. B. Willette, and M.A. Rice, "Wind Tunnel Tracer Experiments Using Dyed Sand, in *Proc. Int. Wkshp. Physics of Blown Sand* (Copenhagen: Dept. Theort. Stat. Aarhus Univ. Mem. 8, 1985) I, 225-42.

وأندرسون وهاليت،[٤٢] وأندرسون،[٤٣] وأندرسون وهاف،[٤٤] وويرنر وهاف،[٤٥] وويرنر.[٤٦]

وتعد الأبحاث التي قام بها كل من بدر[٤٨] والهنائي[٤٨] ذات قيمة علمية تطبيقية تخدم — على مستوى مجهري تفصيلي — أبعاد المشكلة الرملية من النواحي الهندسية والفيزيائية والديناميكية والجيومورفولوجية والمختبرية والميدانية، وتفيد في مجال استخدامات تقنية صور الفضاء في تتبع وتفسير ظاهرات الرمال في صحاري المملكة المختلفة. كما تفيد هاتان الدراستان أيضًا في وضع الأطر النظرية والنماذج الرياضية والقوانين التي تجسد طبيعة المشكلة وتحقق الغرض من برامج الحماية التي تنفذ. ولا شك أن نتائج هذه الأبحاث وتوصياتها تمثل نواة لأعمال مستقبلية في مجال الرمال وتثبيتها على نطاق إقليمي واسع في المملكة العربية السعودية.

ومما يجدر ذكره في نهاية هذه الخاتمة أن نشير إلى أن المقترحات والتوصيات التي اختتمت بها آل سعود مؤلفها كفيلة بأن توسع نطاق الحل للمشكلة الرملية على مشارف بحر

---

(٤٢) R. S. Anderson, and B. Hallet, "Sediment Transport by the Wind: Toward a General Model," *Geol. Soc. Am. Bulletin*, 97 (1986), 523-35.

(٤٣) R.S. Anderson, "A Theoretical Model for Eolian Impact Ripples," *Sedimentology*, 34 (1987), 943-56.

(٤٤) R.S. Anderson and P.K. Haff, "Simulation of Eolian Saltation," *Science*, 241 (1988), 820-23.

(٤٥) B.T. Werner and P.K. Haff, "The Impact Process in Eolian Saltation: Two Dimensional Simulation," *Sedimentology*, 35 (1988), 189-96.

(٤٦) B.T. Werner, "A Steady-State Model of Wind Blown and Transport," *Journal of Geology*, 98, No.1 (1990), 1-17.

(٤٧) T. Badr, "Scientific Means and Studies Used to Stablize Dunes in the Eastern Region," in Y. Abolkhair, et al, eds. *Workshop on Desert Studies in the Kingdom of Saudi Arabia* Riyadh: Center for Desert Studies, KSU, 21-23 (Nov. 1989), 45-66.

(٤٨) K.G. Al Hinai, "Evaluation of Remote Sensing Data for Sand Studies in Saudi Arabia," in Y. Abokhair, et al., eds. *Workshop on Desert Studies in the Kingdom of Saudi Arabia* (Saudi Arabia, Center for Desert Studies, KSU, 21-23. Nov., 1989), 67-90.

الـرمـال في المملكـة وتمثـل هيكلاً علميًّا لانطلاقة جادة في أبحاث الرمال وخطة تتبناها الأكاديمية التي يقترحها الباحث في هذا البحث.

كما يجدر بنا أيضًا أن نسجل في خاتمة هذا البحث بعض النماذج الرائدة في الدراسات الحـديثة النظرية والتطبيقية ذات العلاقة بأبحاث الرمال والتي نفِّذت في صحارى عربية أخرى. ولاشك أن هذه النماذج كالدراسات التي قام بها جودة،(٤٩) وإمبابي وعاشور،(٥٠) وإمبابي،(٥١) وإمبابي وعاشور،(٥٢) قد أضافت الكثير إلى جغرافية الصحارى العربية بصفة عامة وصحارى الجزيرة العربية بصفة خاصة وعلى وجه الخصوص مشكلة الرمال الزاحفة والخصـائص الطبيعية لمصادرها وتجمعاتها وحركتها وخواص حبيباتها المختلفة الحجم والشكل واللون.

---

(٤٩) جودة حسنين جودة، *أبحاث في جيومورفولوجية الأراضي الليبية*، الجزء الثاني (بنغازي: جامعة بنغازي، ١٩٧٥م)؛ جودة حسنين جودة، *صحاري العرب دراسات في الجيومورفولوجيا المناخية* (الإسكنـدرية، دار المعـرفـة الجـامعية، ١٩٨٥م)؛ جودة حسنين جودة، *دراسات في الجغرافيا الطبيعية لصحارى العالم العربي* (الإسكندرية: دار المعرفة الجامعية، ١٩٨٨م).

(٥٠) نبيل إمبابي ومحمود عاشور، *الكثبان الرملية في شبه جزيرة قطر*، الجزء الأول (الدوحة: مركز الوثائق والبحوث الإنسانية، جامعة قطر، ١٩٨٣م).

(٥١) نبيل إمبـابي، «حركة الكثبان الرملية الهلالية وأثرها على العمران والتعمير في منخفض الواحات الخارجة،» *مجلة مركز بحوث الشرق الأوسط*، العدد السادس، جامعة عين شمس، ١٩٨٤م، ص ص٥١-٨٤.

(٥٢) نبيل إمبابي ومحمود عاشور، *الكثبان الرملية في شبه جزيرة قطر*، الجزء الثاني (الدوحة: مركز الوثائق والبحوث الإنسانية، جامعة قطر، ١٩٨٥م).

أما دراسات هايدور وأبوالخير،(٥٣) والجبالي(٥٤) وإبراهيم(٥٥) فتعتبر أمثلة منهجية للأبحاث الحقلية في مجال دراسات الرمال في المملكة العربية السعودية.

إن الوقت قد حان لكي نغرس أيدينا في رمال هذا البلد ليكون لنا شرف وضع اللبنات الوطنية الأولى من خلال أكاديمية الرمال المقترحة في هذا البحث والتي ستهيىء انطلاقة علمية جادة تثري مجال الدراسات الرملية وأبحاثها.

ويعتقد الباحث أن الدراسات والأبحاث التي ستتمخض عن هذه الأكاديمية ستحقق التوازن بين الإنسان السعودي وبيئته وتزيح عن صحاريه الزاخرة المزمجرة كابوس التدهور البيئي المحتمل بفعل طلائع بحر الرمال المفعم بالحيوية والحركة اللتان تهددان نشاطات الإنسان وفعالياته البشرية عند هذه الطلائع.

---

(٥٣) Hidore and Abolkhair, "Sand Encroachment."

(٥٤) A. A. Al-Jebali, "Sand Encroachment in Agricultural and Settlement Area in Central Saudi Arabia: The Case of Unayzah," unpublished M. Phil dissertation, Swansea, U.K., Univ. of Wales, 1990.

(٥٥) هدى مأمون محمد إبراهيم، «الخصائص الحجمية والشكلية والمعدنية لرمال كثبان الدهناء الهلالية الواقعة على خط الرياض ـ الدمام ـ السريع: دراسة حالة في الجيومورفولوجيا التطبيقية،» رسالة ماجستير، الرياض: قسم الجغرافيا، جامعة الملك سعود، ١٩٩٢م.

Geomorphological Models of Sand Sea Ridges in Saudi Arabia, the Literature Review: Problems and Solutions

Yahya M. Abol Khair
Associate Professor, Geography Department, College of Arts, King Saud University, Riyadh, Saudi Arabia

Abstract. This paper discusses the literature review of sand movement in Saudi Arabia and the possible solutions. Therefore the paper displays in detail the nature and direction of research in the area of sand on the global scale and on Saudi Arabian deserts in particular. The paper also delineates the relationship between the recent trends of sand research and the sand projects or studies taking place in Saudi Arabia. It also summarizes the nature and direction of the studies generated by such sand projects. The paper also evaluates the sand problems in Saudi Arabia on the basis of their nature, size, geographical distribution and the processes controlling their development and movement. Due to the vast sand areas in Saudi Arabia, the paper discusses the problem of sand movement in two Saudi sand localities, namely al-Hassa oasis and al-Dahna sand sea. These two localities as examples reflect the actual situations of sand problems in other sand fields and localities in Saudi Arabia. Several mathematical models are presented in this paper to reflect the nature of sand drift and sand bulk transport in al-Hassa oasis and al-Dahna desert. The conclusion of this paper consists of several questions and suggestions which can be considered the core of scientific curriculum design for a prospective Saudi national academy for sand studies.

Therefore, the researcher calls for the establishment of a Saudi academy as soon as possible to supervise and execute sand research and national projects dealing with sand development and movement in Saudi Arabia. The academy's future works are expected to reduce the sand environmental hazards and strengthen the relation beween man and nature in Saudi Arabia.